

УДК 661.824 + 661.846

**О. Б. Дормешкин, А. Н. Гаврилюк, Н. И. Воробьев, Г. Х. Черчес**  
Белорусский государственный технологический университет

### **ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРАСТВОРИМОГО УДОБРЕНИЯ – СУЛЬФАТА МАГНИЯ ИЗ ДОЛОМИТА**

Установлена возможность получения сульфата магния с использованием в качестве сырья доломита месторождения Руба (Республика Беларусь) путем его разложения серной кислотой с последующей фильтрацией образующейся суспензии, кристаллизацией сульфата магния из фильтрата, отделением и сушкой продукта.

Выполнены технологические расчеты и разработана технологическая схема производства семиводного сульфата магния. Проведены опытно-промышленные испытания, результаты которых, а также установленные оптимальные технологические параметры хорошо коррелируются с данными лабораторных исследований. Доказана осуществимость циклического процесса, по которому маточный раствор после отделения продукта и промывной фильтрат после промывки осадка полностью возвращаются на стадию разложения в качестве раствора разбавления. Результаты испытаний подтвердили возможность реализации разработанной технологии и получения продукта, удовлетворяющего требованиям нормативной документации.

Проведены агрохимические испытания опытной партии сульфата магния, которые показали, что питательные растворы, используемые в системах капиллярного полива, на фоне применения полных доз NPK удобрений оказывают положительное действие как на увеличение урожайности плодов, так и качество продукции. При этом отрицательного влияния на работу капиллярной системы не выявлено.

Разработанная безупрочная технология получения сульфата магния из доломита обеспечивает получение продукта высокого качества с более низкой стоимостью по сравнению с импортными аналогами.

**Ключевые слова:** сульфат магния, магнийсодержащие удобрения, тепличное хозяйство, капельный полив, доломит, серная кислота, технология, производство.

**O. B. Dormeshkin, A. N. Hauryliuk, N. I. Varabyou, G. Kh. Cherches**  
Belarusian State Technological University

### **WATER-SOLUBLE FERTILIZER – MAGNESIUM SULFATE OBTAINING FROM DOLOMITE**

The possibility of magnesium sulfate obtaining using dolomite deposit Ruba (Republic of Belarus) as a raw material by means of sulfuric acid decomposition of dolomite which followed by filtration of obtained suspension, magnesium sulfate crystallization from the filtrate, isolation and drying of the product is established.

Technological calculations, developed a technological scheme of production of magnesium sulfate heptahydrate are implemented. A pilot tests of process are conducted. The results and optimal process parameters of which are correlated with laboratory data. The possibility of the cyclic process, in which the solution after the separation of the product and filtrate after the washing of the gypsum is completely return to the stage of acid decomposition as a diluting solution is proved. The results confirmed the feasibility of the technology and produce a product that meets the requirements of normative documents.

Agrochemical testing of an experimental batch of magnesium sulfate are conducted, which showed that the nutrient solutions used in capillary irrigation systems during treatment with full doses of NPK fertilizers have a positive effect both on the increase in the yield of fruit, and product quality. The negative impact on the work of the capillary system is not revealed.

Technology without evaporation for production of magnesium sulfate from dolomite gives high-quality product with a lower cost compared to foreign analogs.

**Key words:** magnesium sulfate, magnesium-containing fertilizers, greenhouses, drip irrigation, dolomite, sulfuric acid, technology, production.

**Введение.** Потребление магния и магнийсодержащих соединений является неотъемлемой частью современного химического производства. В настоящее время в Республике Бела-

рус нет своего производства сульфата магния и все потребители должны закупать его за рубежом. Поэтому, располагая на территории республики собственным магнийсодержащим ис-

точником сырья (доломит в Витебской области), а также мощностями по производству серной кислоты, наиболее перспективным и экономически целесообразным направлением обеспечения потребностей сельского и тепличных хозяйств Республики Беларусь в магнийсодержащих удобрениях является организация производства водорастворимого семиводного сульфата магния на ОАО «Гомельский химический завод».

Основными производителями сульфата магния в настоящее время выступают Россия, Китай, Турция. В России выпускается сульфат магния на основе магнезита по техническим условиям «ТУ 2141–016–32496445–00 Магний сернокислый 7-водный», разработанным ОАО «Буйский химический завод» и зарегистрированным в Республике Беларусь. По требованиям этих технических условий массовая доля  $\text{MgSO}_4$  в продукте должна быть не менее 48,3%. Нормируется также содержание примесей, включающих соединения Na, Cl, Fe, Mn, нерастворимого остатка. Теоретическое содержание  $\text{MgSO}_4$  в  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  составляет 48,8%. Это указывает на то, что в продукте  $\text{MgSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , удовлетворяющем требованиям ТУ, допускается присутствие кристаллогидратов сульфата магния с  $n$  менее 7.

По результатам проведенного нами исследования [1–3] процесс получения сульфата магния на основе доломита включает следующие стадии:

- разложение доломита серной кислотой;
- фильтрация образующейся суспензии и промывка осадка с получением раствора сульфата магния (основного фильтрата), осадка гипса и промывного фильтрата;
- кристаллизация  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  из основного фильтрата и отделение кристаллов от маточного раствора;
- сушка продукта;
- возврат маточного раствора и промывного фильтрата на стадию разложения доломита в качестве раствора разбавления.

При исследовании условий проведения процесса установлено, что содержание воды в кристаллогидрате сульфата магния зависит от pH основного фильтрата:  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  кристаллизуется из растворов с pH 4–5, при значениях pH менее 3 в продукте присутствует также  $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , возможно,  $\text{MgSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  и примесь серной кислоты. Продукт, представляющий собой смесь кристаллогидратов, будет удовлетворять требованиям технических условий и может быть получен при стехиометрической норме расхода серной кислоты. Для получения продукта, состав которого соответствует семиводному сульфату магния, серная кислота на стадии разложения должна использоваться

практически полностью. Это, как показали исследования, достигается в том случае, когда при длительности разложения около 3 ч норма расхода серной кислоты составляет 85–90% от стехиометрической.

Оптимальная концентрация сульфата магния в жидкой фазе суспензии, образующейся на стадии разложения, обусловлена последующими процессами фильтрации суспензии и кристаллизации продукта и составляет 30%.

Маточный раствор после отделения продукта, содержащий 20–25%  $\text{MgSO}_4$ , и промывной фильтрат после промывки осадка гипса, содержащий 20–30%  $\text{MgSO}_4$ , направляются на стадию разложения доломита в составе раствора разбавления.

Температура, при которой осуществляются все стадии процесса, обусловлена свойствами сульфата магния и его кристаллогидратов: растворимостью [4] и дегидратацией [5].

Установленные оптимальные технологические параметры обеспечивают цикличность процесса и получение водорастворимого семиводного сульфата магния по безупрочной технологии. Продукт предназначен для использования главным образом в качестве бесхлорного водорастворимого удобрения в тепличном овощеводстве.

Целью данного этапа работы явилось исследование процесса получения сульфата магния в опытно-промышленных условиях, разработка технологической схемы и расчета технологических балансов, требуемых для организации производства  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  на ОАО «Гомельский химический завод».

**Основная часть.** Сырьем для производства сульфата магния является доломитовая (известняковая) мука, выпускаемая по ГОСТ 14050–93 ОАО «Доломит» на базе доломита месторождения Руба (Республика Беларусь).

В ходе проведения лабораторных исследований наблюдались явления, которые могут вызвать осложнения при промышленной реализации процесса: интенсивное пенообразование на стадии разложения и проскок темного осадка в фильтрат на стадии фильтрации суспензии с использованием промышленной фильтровальной ткани ВФ-21.

Для предотвращения отрицательных последствий пенообразования исследована возможность применения пеногасителя NovoFoam 11X072. При этом установлено, что добавка пеногасителя перед смешением реагентов с расходом 5 кг/т доломита в виде 1%-ного водного раствора практически полностью предотвращает пенообразование.

Исследования используемых образцов доломитовой муки показали, что в их состав входят

не растворимые в кислотах мелкодисперсные примеси с размером частиц 0,3–20,0 мкм, содержание которых составляло от 2,7 до 13% [1]. Именно этот нерастворимый остаток оказывает негативное влияние на процесс фильтрации суспензии. Даже в случае небольшого содержания нерастворимого остатка в доломите примеси будут накапливаться в растворе разбавления по мере его циркуляции и приводить к загрязнению продукта. Кроме того, с содержанием нерастворимого остатка в исходном доломите отчасти связано свойство отфильтрованного осадка гипса удерживать значительное количество основного фильтрата.

С целью оптимизации процесса фильтрации и исключения проскока осадка в фильтрат исследована возможность применения анионного флокулянта Praestol 2515. Флокулянт вводили в суспензию перед стадией основной фильтрации в виде 0,5%-ного раствора в 20%-ном растворе сульфата магния. Норму расхода флокулянта варьировали в пределах от 0,25 до 1,0 г/кг доломита. Пеногаситель в этом случае не добавляли.

При введении флокулянта в суспензию наблюдалось образование флокул и отделение их от жидкой фазы. Визуально размер флокул уменьшался с уменьшением расхода флокулянта. Фильтрация сфлокулированной суспензии протекала с высокой скоростью (табл. 1) и без проскока осадка в фильтрат. Поры фильтровальной ткани не забивались мелкой фракцией темного осадка, и регенерации ткани для повторного использования не требовалось.

Таблица 1  
Влияние модифицирующих добавок на процесс фильтрации

Условия получения осадка	Без модифицирующих добавок	С добавкой пеногасителя	С добавкой флокулянта с нормой расхода, г/кг доломита		
			0,25	0,50	1,00
Скорость фильтрации, м <sup>3</sup> /(ч·м <sup>2</sup> )	0,94	6,16	4,98	8,23	8,47

Пеногаситель, используемый на стадии разложения, оказывает положительное влияние и на свойства осадка. Фильтрация суспензии с добавкой пеногасителя протекала с высокой скоростью, мелкая фракция темного цвета не проходила через поры фильтрующей ткани, а оставалась в объеме осадка.

Полученные осадки исследованы методами дисперсного анализа с использованием лазерного микроанализатора размеров частиц «ANALYSETTE 22 NanoTec plus» фирмы FRITSCH

GmbH и электронной микроскопии с использованием сканирующего электронного микроскопа Jeol JSM – 5610LV.

Ранее было установлено [1], что осадки, образующиеся при сернокислотном разложении различных образцов доломита, являются полидисперсными и включают частицы с размерами от (0,1–0,3) до (300–450) мкм, причем доля частиц с размером менее 5 мкм может составлять 7,5–30%. При исследовании осадков, полученных при разложении доломита с введением модифицирующих добавок, установлено, что при добавлении флокулянта или пеногасителя фракционный состав частиц сужается (табл. 2, рис. 1). Мелкие фракции частиц практически исчезают, и размер частиц основной фракции в присутствии флокулянта с расходом 0,25 г/кг доломита находится в интервале 5–30 мкм, в присутствии пеногасителя – 50–200 мкм. При использовании флокулянта с расходом 0,5 и 1 г/кг доломита в осадке присутствуют частицы с размерами более 600 мкм. Оптимальная доза флокулянта составляет 0,5 г/кг доломита.

Таблица 2  
Распределение по размерам частиц осадков, полученных при сернокислотном разложении доломита с использованием модифицирующих добавок

Размер частиц, мкм	Содержание частиц, %, в осадках, полученных при добавлении	
	флокулянта (0,25 г/кг доломита)	пеногасителя
≤1	0	0,9
1–5	0,2	0,3
5–10	42,8	0,4
10–50	57,0	6,1
50–100	0	64,4
100–200	0	27,9

При интерпретации результатов исследования дисперсности следует иметь в виду, что в использованном методе не учитывается фактор формы частиц, результат зависит от их пространственной ориентации относительно источника излучения и, кроме того, при склонности частиц к слипанию определяется размер образовавшихся агломератов. Вследствие этого при исследовании осадков, включающих пластинчатые или игольчатые кристаллы гипса и нерастворимые примеси из доломита, метод может быть использован для сравнительного анализа размеров частиц, полученных в различных условиях.

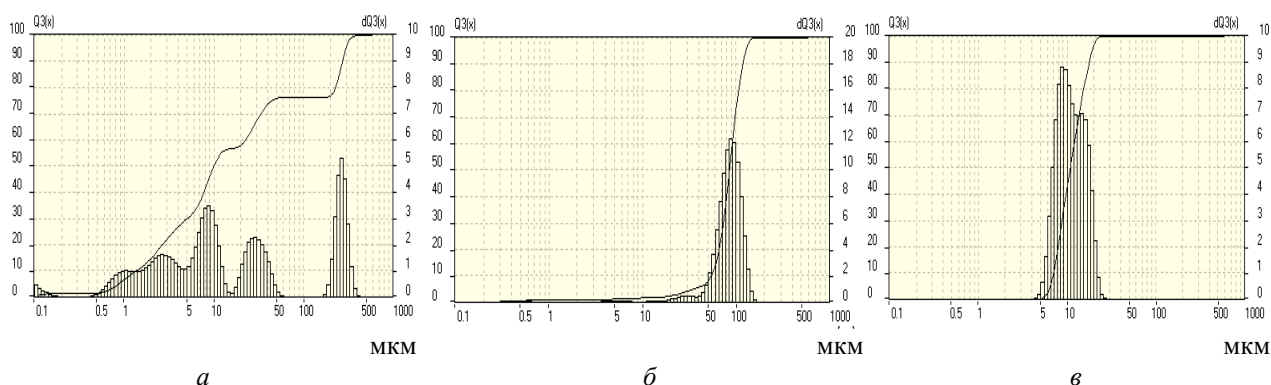


Рис. 1. Гистограммы распределения размера частиц осадков, полученных при разложении доломита серной кислотой:  
*а* – без добавок; *б* – с добавкой пеногасителя;  
*в* – с добавкой флокулянта (0,25 г/кг доломита)

По данным метода электронной микроскопии, который демонстрирует более наглядное представление о форме и размерах частиц, в осадке, полученном при использовании флокулянта с расходом 1 г/кг доломита, присутствуют более крупные частицы, чем в осадках, полученных с добавкой пеногасителя и без добавок (рис. 2).

Таким образом, комплексное введение флокулянта и пеногасителя обеспечивает существенную интенсификацию процесса фильтрации и исключение проскока мелкодисперсных фракций осадка в фильтрат.

На основании проведенных исследований предложена технология производства семиводного сульфата магния. Выполнен расчет материального баланса процесса получения  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , расчет и подбор технологического оборудования, разработана технологическая схема производства.

Для расчета материального баланса использованы следующие исходные данные:

- состав доломита, %:  $\text{MgO}$  – 20,8;  $\text{CaO}$  – 29,2;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,3;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 0,4;  $\text{H}_2\text{O}$  – 0,4; н. о. – 3,0;
- концентрация серной кислоты – 92,5%;
- норма расхода серной кислоты – 90%;

- коэффициент разложения доломита – 90%;
- коэффициент использования серной кислоты – 100%;
- содержание  $\text{MgSO}_4$  в жидкой фазе суспензии после разложения – 30%;
- содержание основного фильтрата в осадке гипса после фильтрации – 53%;
- содержание воды в промытом осадке гипса – 40%;
- содержание  $\text{MgSO}_4$  в маточном растворе после кристаллизации – 25%;
- содержание маточного раствора во влажном продукте после центрифугирования – 6,7%.

Поскольку процесс является циклическим, то массу раствора разбавления и расход воды на промывку осадка рассчитывали исходя из материального баланса при условии полного возврата маточного раствора и промывного фильтрата на стадию разложения доломита.

Схема материальных потоков на 1 т  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  в циклическом процессе представлена на рис. 3.

Процесс получения сульфата магния осуществляется в непрерывном режиме. Для реализации технологии может быть использовано стандартное оборудование.

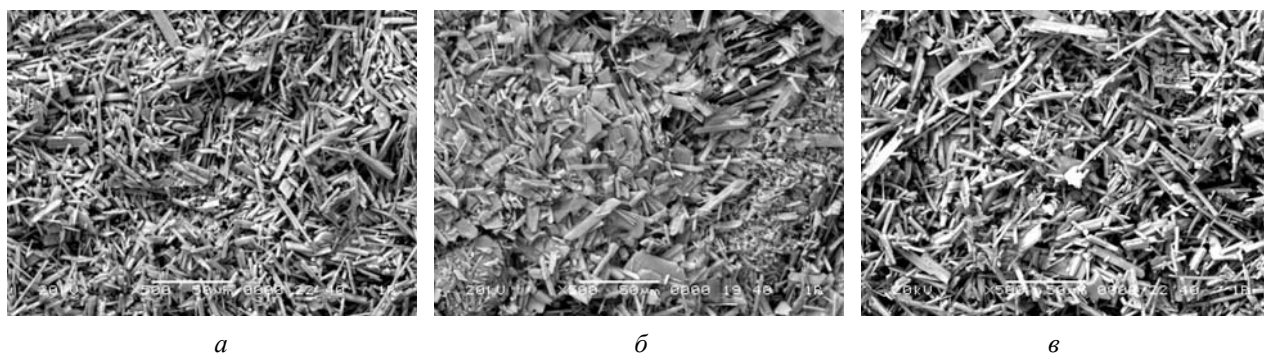
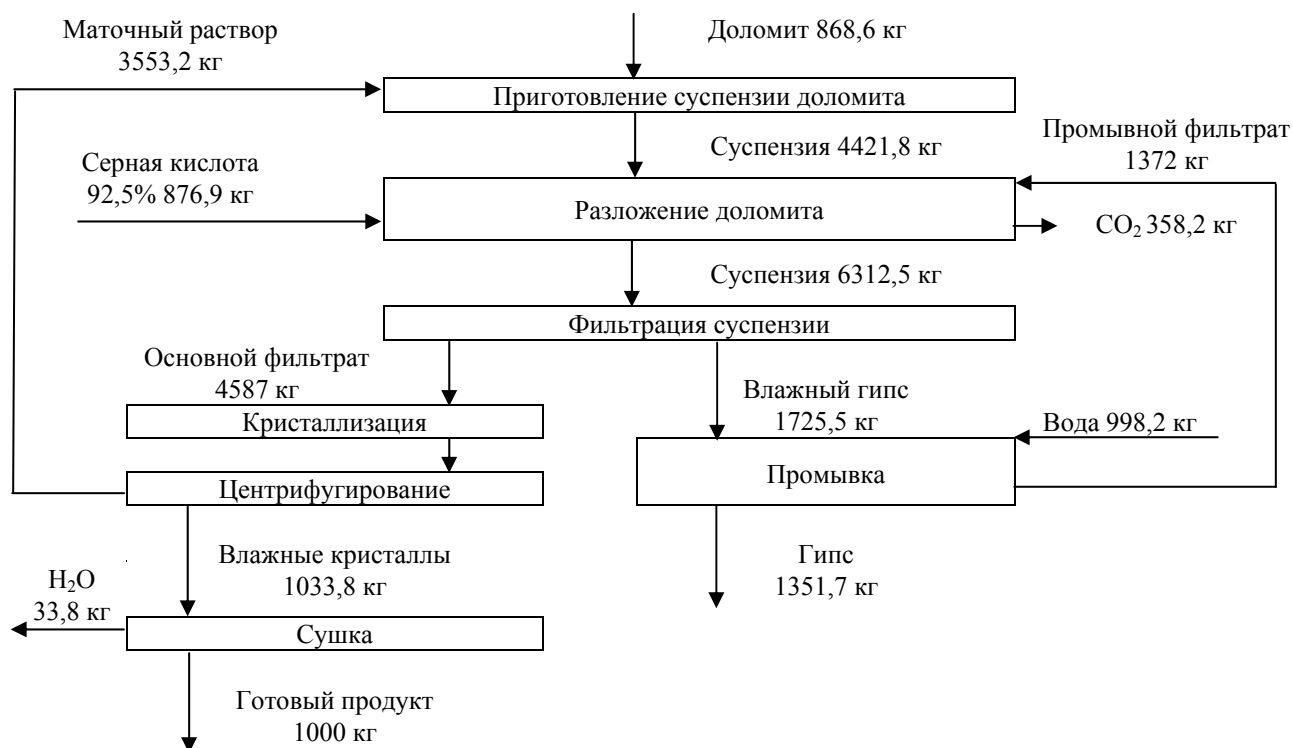


Рис. 2. Микрофотографии ( $\times 500$ ) осадков, полученных при разложении доломита серной кислотой:  
*а* – с добавкой пеногасителя; *б* – с добавкой флокулянта (1 г/кг доломита); *в* – без добавок

Рис. 3. Схема материальных потоков получения сульфата магния на 1 т  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 

При производстве сульфата магния по разработанной технологии твердым отходом является гипс, содержащий 30–40% влаги, который может быть использован в промышленности строительных материалов [6]. В зависимости от условий проведения процесса осадок может содержать некоторое количество неразложившегося доломита, что, очевидно, не будет создавать препятствий для использования такого гипса в качестве вяжущего.

Для установления возможности осуществления процесса получения сульфата магния по безупрочной технологии в производственных условиях и отработки отдельных технологических стадий в цехе сульфита натрия ОАО «Гомельский химический завод» была смонтирована опытно-промышленная установка, схема которой представлена на рис. 4. В качестве исходных компонентов использовали муку известняковую (доломитовую) ГОСТ 14050–93 марки А производства ОАО «Доломит» и серную кислоту контактную техническую первого сорта ГОСТ 2184–77 собственного производства.

Для отработки технологического режима получения сульфата магния из доломита разработана программа испытаний, предусматривающая проведение двух серий экспериментов. В первой серии в качестве раствора разбавления использовался модельный раствор сульфата магния с массовой долей 25%, полученный путем растворения семиводного сульфата маг-

ния в воде. Норма расхода серной кислоты составляла 78–85% от стехиометрии. Во второй серии экспериментов в качестве раствора разбавления использовался маточный раствор сульфата магния с массовой долей 25%, образующийся на стадии кристаллизации в первой серии экспериментов, и промывные воды, образующиеся при промывке гипса на нутч-фильтре (поз. 6); норма расхода серной кислоты – стехиометрическая. Кроме того, были проведены эксперименты с использованием добавок пеногасителя NovoFoam и флокулянта Praestol.

Процесс получения сульфата магния включает следующие стадии и осуществляется с использованием следующих технологических параметров:

- приготовление раствора сульфата магния с массовой долей 25% путем растворения  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  в воде при температуре 70–80°C для первой серии экспериментов;
- приготовление суспензии доломита в растворе сульфата магния в реакторе с добавлением необходимого количества воды;
- разложение доломита серной кислотой в реакторе при температуре 70–80°C с получением раствора сульфата магния с массовой долей 30%;
- отделение осадка гипса, путем горячего фильтрования суспензии на нутч-фильтре (поз. 6) при температуре не менее 60°C и трехкратную промывку осадка горячей водой с температурой не менее 60°C;

– охлаждение раствора сульфата магния до 20–25°C в реакторе-кристаллизаторе (поз. 9) и кристаллизация;

– отделение кристаллического сульфата магния путем фильтрации на нутч-филтре (поз. 10);

– сушка на воздухе;

– рециркуляция маточного раствора и промывных вод для проведения второй серии экспериментов.

В ходе проведения опытно-промышленных испытаний была наработана партия продукта общей массой более 5 т и уточнены отдельные технологические параметры процесса получения сульфата магния. При использовании для фильтрации суспензии ткани ВФ-21 фильтрат получался мутным, однако при введении пеногасителя и флокулянта отделение осадка проходило более эффективно. Основные технологические показатели процесса составляли: коэффициент разложения 80,0–96,9% при различ-

ной норме расхода кислоты, коэффициент отмывки осадка гипса 97,0–98,4%; pH фильтрата 2,5–4,0.

Согласно результатам обследования, проведенного специалистами центральной заводской лаборатории ОАО «Гомельский химический завод», по своим физико-химическим показателям наработанная партия кристаллического сульфата магния полностью соответствует как разработанным для опытной партии техническим условиям ТУ 400069905.043–2012, так и действующим техническим условиям ТУ 2141–016–32496445–00 (табл. 3).

Результаты опытно-промышленных испытаний коррелируются с данными лабораторных исследований и подтверждают возможность промышленной реализации разработанного способа получения водорастворимого бесхлорного удобрения – сульфата магния по безупрочной технологии на основе республиканской сырьевой базы.

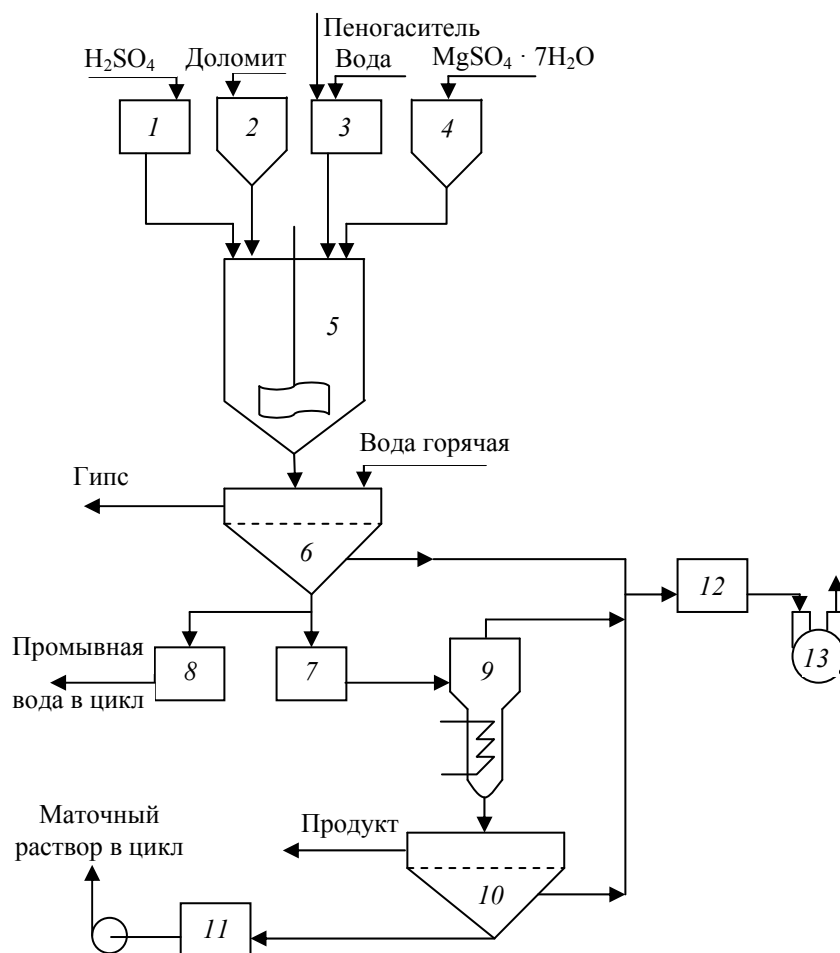


Рис. 4. Схема опытной установки по получению сульфата магния:

- 1 – расходный бак серной кислоты; 2 – бункер доломита;  
3 – расходный бак воды (промывных вод); 4 – бункер сульфата магния;  
5 – реактор; 6, 10 – нутч-фильтр; 7 – сборник основного фильтрата;  
8 – сборник промывных вод; 9 – кристаллизатор;  
11 – сборник маточного раствора; 12 – ресивер; 13 – вакуум-насос

Таблица 3

## Сравнительная характеристика опытной партии сульфата магния

Наименование показателей	ТУ 2141–016–32496445–00	ТУ 400069905.043–2012	Опытная партия
Внешний вид	Кристаллический порошок	Кристаллический порошок белого цвета	Кристаллический порошок белого цвета
Массовая доля сульфата магния ( $\text{MgSO}_4$ ), %	Не менее 48,3	Не менее 48,3	48,3
Массовая доля остатка, не растворимого в воде, %	Не более 0,4	Не более 0,4	0,0086
Массовая доля железа (Fe), %	Не более 0,01	Не нормируется	0,0075
Массовая доля хлоридов (Cl), %	Не более 0,2	Не нормируется	0,0013
Массовая доля натрия в пересчете на оксид натрия ( $\text{Na}_2\text{O}$ ), %	Не более 0,1	Не нормируется	0,018
Массовая доля марганца (Mn), %	Не более 0,01	Не нормируется	0,01
Массовая доля оксида кальция ( $\text{CaO}$ ), %	Не нормируется	Не нормируется	0,069
pH 1%-ного раствора	Не нормируется	Не нормируется	3,44

Для получения заключения о возможности использования полученного по разработанной технологии сульфата магния в качестве удобрения были проведены его агрохимические испытания.

Исследования проводились на опытном поле в условиях открытого грунта, а также в пленочных теплицах ангарного типа РУП «Институт овощеводства». Для основного внесения применялись следующие минеральные удобрения: карбамид, суперфосфат аммонизированный, калий хлористый, комплексное удобрение с содержанием азота, фосфора и калия соответственно 13:12:19. В качестве эталона применяли раствор сульфата магния с массовой долей 10%. В качестве объектов исследований использовали сорта овощных культур, включенные в «Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород Республики Беларусь»: томат – Вежа, огурец – Верасень. Исследование биохимических характеристик продукции овощных культур выполнены в аналитической лаборатории РУП «Институт овощеводства».

Результаты исследования агрохимических свойств опытной партии сульфата магния показали:

– при выращивании рассады огурца и томата: количество листьев и диаметр стебля увеличились, высота рассады огурца была на уровне эталона, высота рассады и масса надземного корня томата увеличилась, длина корней и их масса незначительно снизились; внесение сульфата магния при заправке субстрата под рассаду обеспечило дополнительный выход стандартной рассады огурца и томата соответственно 32 и 21 тыс. шт. с 1 га теплицы, при-

быль от его применения составила по огурцу и томату соответственно 2,8 и 1,6 млн руб.;

– при анализе показателей продукции огурца в открытом грунте и томата в защищенном грунте: урожайность плодов огурца увеличилась на 9% по сравнению с эталоном и на 19% относительно контрольного варианта, урожайность плодов томата увеличилась на 7% по сравнению с эталоном и на 14% относительно контрольного варианта; уровень товарности плодов томата на контрольном варианте составлял 88%, а для испытуемого образца увеличивался до 91–92%; биохимические показатели продукции огурца по сравнению с эталоном немного повысились, качество плодов томата не снизилось и находилось на уровне эталона;

– масса полученной дополнительной продукции при внесении 1 кг опытной партии сульфата магния составила: томата – 732 кг, огурца – 655 кг; прибыль – 5 млн 200 тыс. руб. с гектара для томата и 4 млн 360 тыс. руб. с 1 га для огурца.

Результаты агрохимических испытаний опытной партии сульфата магния, полученного по разработанной технологии, подтвердили его положительное действие как на увеличение урожайности плодов, так и на качество продукции.

**Заключение.** В результате выполненного комплекса исследований и проведенных технологических работ разработана технология получения сульфата магния на основе доломита месторождения Руба (Республика Беларусь). Процесс является циклическим и осуществляется в непрерывном режиме путем разложения

доломита серной кислотой с последующей фильтрацией образующейся суспензии, кристаллизацией и выделением продукта из полученного фильтрата. Цикличность процесса обеспечивается возвратом маточного раствора после отделения продукта и промывного фильтрата после промывки осадка гипса на стадию разложения доломита.

Отработан режим введения на стадии разложения доломита и перед фильтрацией образующейся суспензии добавок пеногасителя и флоку-

лянта, устраняющий пенообразование и улучшающий показатели фильтрации суспензии.

Результаты опытно-промышленных испытаний подтвердили возможность промышленной реализации разработанной технологии. Качество получаемого сульфата магния соответствует требованиям технических условий и по основным показателям не уступает зарубежным аналогам.

Выпущенная опытная партия сульфата магния успешно прошла агрохимические испытания.

### Литература

1. Гаврилюк А. Н. Получение простых и комплексных магнийсодержащих удобрений с использованием республиканской сырьевой базы: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Минск, 2015. 30 с.
2. Получение сульфата магния на основе доломита / О. Б. Дормешкин [и др.] // Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 1. Минск, 22–23 ноября 2012 г. С. 126–129.
3. Способ получения сульфата магния: пат. 18888 Респ. Беларусь; МПК С 01F 5/40 / О. Б. Дормешкин, Н. И. Воробьев, А. Н. Гаврилюк, Г. Х. Черчес, В. Е. Первинкин, А. А. Людков, И. Е. Подшивалова, Г. М. Бойко, Д. В. Черняков; заявители УО «Белорусский государственный технологический университет», ОАО «Гомельский химический завод». №а 20121312; заявл. 18.09.2012; зарегистр. 25.09.2014 // Нац. центр интеллектуал. собственности. 2014.
4. Коган В. Б., Фридман В. М., Кафаров В. В. Справочник по растворимости: в 3 т. Т. 1, кн. 1. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1961. 960 с.
5. Свойства и методы идентификации веществ в неорганической технологии / И. М. Жарский [и др.]. Минск: Фонд фундамент. исслед., 1996. 372 с.
6. Кузьменков Д. М., Сакович А. А., Беланович О. В. Технология получения полиминерального гипсового вяжущего из доломита и серной кислоты // Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 1. Минск, 22–23 ноября 2012 г. С. 19–24.

### References

1. Hauryliuk A. N. *Poluchenie prostykh i kompleksnykh magniysoderzhashchikh udobreniy s ispol'zovaniem respublikanskoy syr'yevoy bazy: Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk* [The receiving of simple and complex magnesium containing compound fertilizers using republican source of raw materials. Abstract of thesis cand. of leg. sci.]. Minsk, 2015. 30 p.
2. Dormeshkin O. B., Varabyou N. I., Cherches G. Kh., Hauryliuk A. N. [Production of magnesium sulfate on the basis of dolomite]. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii («Noveyshie dostizheniya v oblasti importozameshcheniya v khimicheskoy promyshlennosti i proizvodstve stroitel'nykh materialov»)* [Materials of the International Scientific and Practical Conference ("The latest achievements in the field of import substitution in the chemical industry and production of construction materials")]. Minsk, 2012, pp. 126–129 (In Russian).
3. Dormeshkin O. B., Varabyou N. I., Hauryliuk A. N., Cherches G. Kh., Pervinkin V. Ye., Lyudkov A. A., Podshivalova I. Ye., Boyko G. M., Chernyakov D. V. *Sposob polucheniya sul'fata magniya* [A method of producing magnesium sulfate]. Patent BY, no. 18888, 2014.
4. Kogan V. B., Fridman V. M., Kafarov V. V. *Spravochnik po rastvorimosti: v 3 tomakh. Tom 1, kn. 1* [Solubility reference. Vol. 1, b. 1]. Moscow; Leningrad, AN SSSR Publ., 1961. 960 p.
5. Zharskiy I. M., Barannikova T. T., Vorob'ev N. I., Malashonok I. Ye., Mel'nikova R. Ya. *Svoystva i metody identifikatsii veshchestv v neorganicheskoy tekhnologii* [Properties and methods of identifying substances in inorganic technology]. Minsk, Fond fund. issled. Publ., 1996. 372 p.
6. Kuz'menkov D. M., Sakovich A. A., Belanovich O. V. [The technology for producing a mineral gypsum binder of dolomite and sulfuric acid]. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii («Noveyshie dostizheniya v oblasti importozameshcheniya v khimicheskoy promyshlennosti i proizvodstve stroitel'nykh materialov»)* [Materials of the International Scientific and Practical Conference ("The latest achievements in the field of import substitution in the chemical industry and production of construction materials")]. Minsk, 2012, pp. 19–24 (In Russian).



### Информация об авторах

**Дормешкин Олег Борисович** – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии неорганических веществ и общей химической технологии, проректор по научной работе. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: Dormeshkin@yandex.ru

**Гаврилюк Андрей Николаевич** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологии неорганических веществ и общей химической технологии. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: Gavriluk@belstu.by

**Воробьев Николай Иванович** – доктор технических наук, профессор кафедры технологии неорганических веществ и общей химической технологии. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: Varabyou@belstu.by

**Черчес Галина Хаимовна** – кандидат химических наук, старший научный сотрудник кафедры технологии неорганических веществ и общей химической технологии. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова 13а, Республика Беларусь). E-mail: gech@inbox.ru

### Information about the authors

**Dormeshkin Oleg Borisovich** – DSc (Engineering), Assistant Professor, Head of the Department of Inorganic Materials Technology and General Chemical Technology, Vice-Rector for research. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Dormeshkin@yandex.ru

**Hauryliuk Andrey Nikolaevich** – PhD (Engineering), Senior Lecturer, the Department of Inorganic Materials Technology and General Chemical Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Gavriluk@belstu.by

**Varabyou Nikolay Ivanovich** – DSc (Engineering), Professor, the Department of Inorganic Materials Technology and General Chemical Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Varabyou@belstu.by

**Cherches Galina Khaimovna** – PhD (Chemistry), Senior Researcher, the Department of Inorganic Materials Technology and General Chemical Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: gech@inbox.ru

*Поступила 29.02.2016*